

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Korean Patent Abstracts

(11) Publication No.: 2001-0086099
(43) Publication Date: September 9, 2001

(21) Application No.: 2001-7007305
(22) Application Date: June 12, 2001

(86) Int'l Patent No.: PCT/JP2000/07147
(86) Int'l Patent Date: October 13, 2000

(87) Int'l Publication No.: WO 2001/27600
(87) Int'l Publication Date: April 19, 2001

(54) METHOD FOR INSPECTING SURFACE OF SEMICONDUCTOR WAFER

Abstract

An inspection method for detection method for detecting particles adhering to the surface of a semiconductor wafer or defects, e.g. SF, mound, dislocation existing in the vicinity of the surface of a semiconductor wafer accurately at low cost regardless of the skill of an inspector comprising a step of scanning the wafer surface with a laser beam, a step of receiving light reflected or scattered by the wafer surface by means of a plurality of light receiving systems having different light receiving angles, and a step of determining the shape and kind of a defect existing on the wafer surface based on the ratio between the intensities of light received by the plurality of light receiving systems.

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 7
H01L 21/66

(11) 공개번호 특2001-0086099
(43) 공개일자 2001년09월07일

(21) 출원번호	10-2001-7007305		
(22) 출원일자	2001년06월12일		
번역문 제출일자	2001년06월12일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2000/07147	(87) 국제공개번호	WO 2001/27600
(86) 국제출원출원일자	2000년10월13일	(87) 국제공개일자	2001년04월19일

(81) 지정국	국내특허 : 독일, 일본, 대한민국, 미국,		
(30) 우선권주장	1999-291968	1999년10월14일	일본(JP)
(71) 출원인	수미도모 메탈 인더스트리즈, 리미티드 고지마 마따오 일본 오사카 541 오사카시 주오-구 기따하마 4-초메 5-33		
(72) 발명자	야나세요시오 일본국사가켄후지츠군다라쵸오아자오우라오츠159-1 나카무라오사무 일본국치바켄가토리군도노쇼쵸하바카리2471-7 고이케다카시 일본국사가켄이마리시오츠보쵸헤이1230-1 구도노보루 일본국효고켄아시야시마츠하마쵸8-18-102		
(74) 대리인	홍재일		
심사청구 : 없음			

(54) 반도체 웨이퍼표면의 검사방법

요약

본 발명은 반도체 웨이퍼표면에 부착된 파티클이나 반도체 웨이퍼표면 근방에 존재하는 SF, 마운드, 전위(轉位) 등의 결함 등을, 검사원의 능력에 좌우되지 않고 낮은 코스트로 종류별로 정확하게 판별할 수 있는 검사방법을 제공하는 것을 목적으로 하고 있으며, 웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여 주사시키고, 웨이퍼표면으로부터 반사 혹은 산란한 광을, 수광각도가 다른 복수의 수광계에서 수광하여, 이들 복수의 수광계에 있어서의 수광강도비율에 근거하여 웨이퍼표면에 존재하는 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것이다.

명세서

기술분야

본 발명은 반도체 웨이퍼표면의 검사방법에 관한 것이며, 보다 상세하게 산화막 내압 등, 반도체 웨이퍼를 사용하여 제작되는 LSI 등의 전기적 특성에 영향을 주는 반도체 웨이퍼표면 및 표면 균방에 존재하는 결함 및 부착파티클 등(이하, 이들을 포함하여 결함 등이라고 함)을 종류별로 판별·검출하여 반도체 웨이퍼의 품질을 평가하기 위한 반도체 웨이퍼표면의 검사방법에 관한 것이다.

배경기술

종래, 반도체 웨이퍼의 표면검사장치로 검출되는 휘점(輝點)(Light Point Defect(LPD))으로서는, 반도체 웨이퍼 상의 부착파티클 등의 부착이물과, 표면 및 표면 균방의 결정결함 혹은 표면흠집, 스크래치, 샬로우피트(shallow pit) 등(이하, 이들을 포함하여 표면흠집 등이라고 함)이 알려져 있다. 이 중, 상기 부착이물은 반도체 웨이퍼표면에서 볼록 형상으로 관찰되고, 상기 결정결함 등은, 경면가공(鏡面加工) 웨이퍼표면에서는 주로 사각추(四角錐) 피트 및 사각추 돌기[(100)웨이퍼] 및, 삼각형 혹은 육각형 피트 및 돌기[(111)웨이퍼]로서, 에피택셜 웨이퍼표면에서는 주로 정방형 혹은 그 일부의 형상이 오목 혹은 볼록[(100)웨이퍼] 및, 삼각형 혹은 그 일부의 형상이 오목 혹은 볼록[(111)웨이퍼]으로서 관찰된다.

반도체 웨이퍼의 품질평가의 관점에서는, 이들 부착이물 및 결정결함 및 표면흠집 등은 정밀하게 종류별로 나누어 검출되는 것이 바람직하지만, 종래의 반도체 웨이퍼표면의 검사방법에서는, 웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여, 상기 웨이퍼표면으로부터 반사된 소정 각도의 산란광을 검출하고, 먼저 구하여 둔 소정 입경(粒徑)인 표준입자의 측정결과와 비교함으로써, 부착이물 및 결정결함의 모두를 포함한 사이즈마다의 LPD수를 구하는 것이 수행되어 왔다.

그러나, 이러한 방법에서는 부착이물 및 결정결함 등 혹은 표면흠집 등(이하, 이들을 포함하여 결함 등이라고 함)의 종류를 판별하는 것은, 예컨대 경면웨이퍼에 있어서의 파티클과 Grown-in결함(COP)과의 분리를, 파티클의 볼록 형상에 대하여 Grown-in결함의 피트 형상으로서 요철(凹凸)인식에 의한 분리의 가능성이 보고되었지만, 실제로 요철인식이 불완전하기 때문에, 파티클과 Grown-in결함(COP)과의 분리는 곤란하다는 것이 분명해졌으며, 또 Grown-in결함의 모두가 오목 형상이 아닌 것도 분명하게 되었다.

또, 에피택셜 웨이퍼에 있어서의 결정결함은, 적층결함(SF : Stacking Fault), 마운드, 전위(轉位) 등(이하, 이들을 에피결함이라고 함) 종류가 많고, 또 이들 에피결함은 오목 형상의 것도 있는가 하면, 볼록형상의 것도 있으며, 더 나아가서는 요철 양쪽의 형상을 가지고 있는 것도 있다. 이로 인하여, 요철 형상으로 분리하는 방법의 분리확률이 낮은 것에 더하여, 에피결함의 모두가 오목 형상인 것은 아니기 때문에, 에피결함과 파티클과의 분리 및, 더 나아가서는 결함 종류의 판별 등은 모두 불가능한 상황에 있었다.

이들 결함 등의 종류의 판별에 대해서는, 연구레벨에서는 원자간력현미경(AFM : Atomic Force Microscope) 및 주사형 전자현미경을 사용하면 가능하기는 하지만, 이를 현미경을 사용하여 결함 등을 관찰하기에는 결함 등에 비하면 터무니 없이 넓은 면적의 웨이퍼표면에 있어서, 우선 결함 등이 존재하는 좌표위치를 검출하지 않으면 안되고, 이 검출작업은 매우 힘들며, 이 후 결함 등이 존재하는 장소에 AFM 등의 초점을 갖지 않으면 안된다. 이들 작업에는 방대한 노력과 시간을 필요로 하고, 게다가 파괴검사가 아니기는 하지만 제품의 품질을 저하시킬 가능성이 있기 때문에, 모든 제

품에 이 종류의 현미경을 사용한 검사를 수행하는 것은 사실상 불가능하였다. 이 때문에, 실체로는 검사원에 의한 목시(目視)판별방법(암실에서 고휘도 스포트라이트광을 조사하여, 목시에 의하여 산란체를 검출하는 방법)이 채용되었다.

레이저표면 검사장치의 1수광계만을 사용하여 측정되는 결합사이즈는 표준입자 환산사이즈이고, 이 표준입자 환산사이즈는 결합 등의 형상에 의하여 실제 사이즈와는 크게 다른 것이며, 결합사이즈에 근거하는 결합 등의 종류판별은 신뢰성의 점에서는 문제가 남아 있다. 또, 파티클과 결합을 요철 형상의 차이로서 분리하는 방법은, 그 신뢰성의 저하뿐만 아니라, 볼록 형상의 결합이 존재하는 웨이퍼에는 전혀 적용할 수 없었다. 또, 검사원에 의한 목시판별방법에서는, 그 판별능력이 검사원의 능력에 크게 의존하고 있으며, 불안정, 또 금후 웨이퍼에 대한 검사요구항목의 고도화에 대응하는 것은 곤란하며, 더 나아가서는 웨이퍼의 대구경화(大口徑化)에 따라, 결합 등을 놓쳐 버릴 확률이 커지는 것과 같은 문제를 안고 있다. 또, 검사원에 의한 목시판별방법에서는, 우선 그 검사원의 능력을 평가하여 두지 않으면 안되고, 공정수 및 코스트의 증대를 초래하고 있다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 상기 과제를 감안하여 이루어진 것으로, 반도체 웨이퍼표면에 부착된 파티클과 반도체 웨이퍼표면 근방에 존재하는 예컨대 경면웨이퍼에 있어서의 표면흡집 등, 혹은 표면 근방 Bulk 중의 Grown-in결합 등의 분리검출, 혹은 에피택셜 웨이퍼에 있어서의 부착파티클과 SF, 마운드, 전위(轉位) 등의 결합 등을, 검사원의 능력에 좌우되지 않고 낮은 코스트로 종류별로 정확하게 판별할 수 있는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(1)은, 웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여 주사시키고, 상기 웨이퍼표면으로부터의 반사 혹은 산란한 광을, 입사광에 대한 수광각도가 다른 복수의 수광계에서 수광하고, 이들 복수의 수광계에 있어서의 수광강도비율에 근거하여 웨이퍼표면에 존재하는 결합 등의 형태 및 종류를 판별하기 때문에, 결합 등의 종류에 의하여 저각도 수광계와 고각도 수광계에서 검출되는 결합사이즈에 큰 차이가 있는 것을 이용할 수 있고, 결합 등의 종류를 상당히 정확하게 판별할 수 있게 된다. 이 판별은 검사원에 의한 것이 아니기 때문에, 검사의 자동화가 가능하고, 또 검사원의 능력에 의존하지 않으며, 안정되고, 또한 금후 웨이퍼 검사요구항목의 고도화, 웨이퍼의 대구경화에도 대응할 수 있다. 또, 검사원을 사전에 평가하여 둘 필요도 없고, 검사공정수 및 코스트의 대폭 삭감을 꾀할 수 있다.

상기한 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(1)의 경우, 웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여 주사시키고, 상기 웨이퍼표면으로부터 반사 혹은 산란한 광을, 입사광에 대한 수광각도가 다른 복수의 수광계에서 수광하고, 이들 복수의 수광계에 있어서의 수광강도비율에 근거하여 웨이퍼표면에 존재하는 결합 등의 형태 및 종류를 판별하기 때문에, 결합 등의 종류에 의하여 저각도 수광계와 고각도 수광계에서 검출되는 결합사이즈에 큰 차이가 있는 것을 이용할 수 있고, 결합 등의 종류를 상당히 정확하게 판별할 수 있게 된다. 이 판별은 검사원에 의한 것이 아니기 때문에, 검사의 자동화가 가능하고, 또 검사원의 능력에 의존하지 않으며, 안정되고, 또한 금후 웨이퍼 검사요구항목의 고도화, 웨이퍼의 대구경화에도 대응할 수 있다. 또, 검사원을 사전에 평가하여 둘 필요도 없고, 검사공정수 및 코스트의 대폭 삭감을 꾀할 수 있다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(2)은, 웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여 주사시키고, 상기 웨이퍼표면으로부터 반사 혹은 산란한 광을, 입사광에 대한 수광각도가 다른 복수의 수광계에서 수광하고, 이들 복수의 수광계에 있어서의 수광강도비율에 근거하는 표준입자 환산사이즈의 차이로부터, 웨이퍼표면에 존재하는 레이저광 산란체의 수평방향길이와 수직방향높이, 혹은 수평방향길이와 그것에 직교하는 수평방향길이와의 차이를 산출하여, 웨이퍼표면에 존재하는 결합 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하고 있다.

상기한 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(2)의 경우, 웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여 주사시키고, 상기 웨이퍼표면으로부터 반사 혹은 산란한 광을, 입사광에 대한 수광각도가 다른 복수의 수광계에서 수광하고, 이들 복수의 수광계에 있어서의 수광강도비율에 근거하는 표준입자 환산사이즈의 차이로부터, 웨이퍼표면 및 표면 근방에 존재하는 레이저광 산란체의 수평방향길이와 수직방향높이 혹은 수평방향길이와 그것에 직교하는 수평방향길이와의 차이를 산출하고, 웨

이 표면에 존재하는 결함 등의 형태 및 종류를 판별하기 때문에, 결함 등과 부착이물과의 명확한 분리를 수행할 수 있고, 더 나아가서는 결함 등의 종류를 상당히 정확하게 판별할 수 있게 된다. 이 판별은 검사원에 의한 것이 아니기 때문에, 검사의 자동화가 가능하고, 또 검사원의 능력에 의존하지 않으며, 안정되고, 또한 금후 웨이퍼 검사요구항목의 고도화, 웨이퍼의 대구경화에도 대응할 수 있다. 또, 검사원을 사전에 평가하여 둘 필요도 없고, 검사공정수 및 코스트의 대폭 삭감을 꾀할 수 있다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(3)은, 상기 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(1) 또는 (2)에 있어서, 레이저표면 검사장치로서 적어도 1입사 2수광계를 구비한 레이저표면 검사장치를 사용하는 것을 특징으로 하고 있다.

상기 레이저표면 검사장치의 수광계로서, 적어도 입사광에 대한 저각도 수광계와 고각도 수광계를 구비하고 있으면, 상기 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(1) 또는 (2)의 실시는 가능하고, 레이저표면 검사장치로서 1입사 2수광계의 레이저표면 검사장치를 사용함으로써 검사코스트를 낮게 억제할 수 있다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(4)은, 상기 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(1) 내지 (3)의 어느 하나에 있어서, 상기 반도체 웨이퍼가 에피택셜 반도체 웨이퍼인 것을 특징으로 하고 있다.

본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법은, 양호한 정밀도로 웨이퍼 표면에 존재하는 결함 등의 종류를 판별할 수 있기 때문에, 결함 등의 종류가 많고, 또한 결함수가 적은 에피택셜 반도체 웨이퍼에도 적용할 수 있다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(5)은, 상기 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(1) 내지 (4)의 어느 하나에 있어서, A를 고각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 한 경우, A, B 및 A/B로 주어지는 수치의 조합에 의하여, 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하고 있다.

상기 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(5)에 의하면, 반도체 웨이퍼 표면에 부착된 파티를 및 반도체 웨이퍼 표면 근방에 존재하는 SF, 마운드, 전위 등의 결함 등을 정확하게 분류할 수 있고, 반도체 웨이퍼의 품질평가를 정확하게 수행할 수 있다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(6)은, 상기 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(1) 내지 (4)의 어느 하나에 있어서, A를 고각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 표준입자 환산사이즈로 한 경우, 하기 표 1에 근거하여 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하고 있다.

[표 1]

A, B의 관계, 범위	실제 형상
$A \geq B \times 1.13$	적층결함(Stacking Fault)
$A < B \times 1.13$	비(非)에피층 기인물(부착입자)
$B < 90\text{nm}$ and $A > 107\text{nm}$	미소고저결함(hillock, shadow)
$B > 160\text{nm}$ and $A < 107\text{nm}$	이상성장(대(大)pit, 돌기)
상기 이외	이상 생성물

상기한 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(6)에 의하면, 반도체 웨이퍼 표면에 부착된 파티를 및 반도체 웨이퍼 표면 근방에 존재하는 SF, 마운드, 전위 등의 결함 등을 정확하게 분류할 수 있고, 반도체 웨이퍼의 품질평가를 정확하게 수행할 수 있는 것이 된다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(7)은, 상기 반도체 웨이퍼 표면의 검사방법(1) 내지 (3)의 어느 하나에 있어서, 상기 반도체 웨이퍼가 경면가공된 반도체 웨이퍼인 것을 특징으로 하고 있다.

본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법은, 웨이퍼표면에 존재하는 결함 등과, 표면홈집 등 및 표면 근방 Bulk 중의 Grown-in결함을 양호한 정밀도로 분리할 수 있기 때문에, 경면 연마된 반도체 웨이퍼에도 적용할 수 있다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(8)은, 상기 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(7)에 있어서, A를 고각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 한 경우, A, B 및 A/B로 주어지는 수치의 조합에 의하여, 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하고 있다.

상기 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(8)에 의하면, 반도체 웨이퍼표면에 부착된 파티를 혹은 COP와, 표면홈집 등 및 반도체 웨이퍼표면 근방 Bulk 중에 존재하는 Grown-in결함 등을 정확하게 분류할 수 있고, 반도체 웨이퍼의 품질평가를 정확하게 수행할 수 있게 된다.

또, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(9)은, 상기 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(1) 내지 (3) 또는 (7)의 어느 하나에 있어서, A를 고각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 표준입자 환산사이즈로 한 경우, 하기 표 2에 근거하여 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하고 있다.

[표 2]

A, B의 관계, 범위	실제 형상
$A \geq B \times 1.13$ 또는 $B < 90\text{nm}$ and $A > 107\text{nm}$	스크래치, 홈집, 샬로우파트
$A < B \times 1.13$	부착입자 혹은 COP
$B \geq 85\text{nm}$ and $A < 107\text{nm}$	표면근방 Bulk 중 Grown-in 결함

상기한 반도체 웨이퍼표면의 검사방법(9)에 의하면, 반도체 웨이퍼표면에 부착된 파티를 혹은 COP와, 표면홈집 등 및 반도체 웨이퍼표면 근방 Bulk 중에 존재하는 Grown-in결함 등을 정확하게 분류할 수 있고, 반도체 웨이퍼의 품질평가를 정확하게 수행할 수 있는 것이 된다.

도면의 간단한 설명

도 1은, 본 발명에 관련되는 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인하여, 분류한 결과를 나타낸 도면이다.

도 2는, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 3은, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 4는, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 5는, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 6은, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 7은, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 8은, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 9는, 실시예 1에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 10은, 실시예 2에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

도 11은, 실시예 2에 있어서 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM으로 확인한 결과의 일예를 나타낸 현미경사진이다.

실시예

이하, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법의 실시형태를 도면에 근거하여 설명한다.

실시형태에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법에서는, 예컨대 1입사 2수광계의 레이저표면 검사장치를 사용하여, 저각도 수광계와 고각도 수광계의 2수광계에 있어서 각각 LPD를 검출하고, 각 수광계에서 얻어진 LPD의 좌표, 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈 데이터 및 (고각도 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈/저각도 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈)의 표를 작성하여 둔다.

다음으로, 고각도 수광계에서만 검출된 LPD, 저각도 수광계에서만 검출된 LPD, (고각도 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈/저각도 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈) 값이 다른 LPD를 선출(選出)하고, 그 실제 형상을 AFM 등을 사용하여 실제로 관찰한다.

다음으로, AFM 등을 사용하여 관찰된 상기 LPD의 실제 형상을 바탕으로, 저각도 수광계와 고각도 수광계와의 광학계 각각에서 검출된 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈의 비교로부터, 결합 등의 종류별 특성을 파악한다. 그 결과, 예컨대, 저각도 수광계와 고각도 수광계의 각각에서 검출된 표준입자 환산사이즈와 결합 종류와의 관계를, 에피택셜 웨이퍼에 있어서는 상기 표 1에, 경면웨이퍼에 관해서는 상기 표 2에 나타낸 바와 같이 분류·정리할 수 있었다.

상기 표 1 및 표 2에서, A는 고각도 수광계에서 검출된 LPD의 표준입자 환산사이즈를 나타내고 있으며, B는 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 표준입자 환산사이즈를 나타내고 있다.

그러나, 사용하는 레이저표면 검사장치에 따라 수광계의 각도가 다르고, 또 측정하한치 및 측정상한치는 각 레이저표면 검사장치에 따라 다르다. 이 때문에, 결합판정에 사용하는 A 및 B 및 A/B의 값도 각 레이저표면 검사장치에 따라 달라질 가능성은 있다. 또, 에피택셜 웨이퍼의 경우는, 결합 사이즈가 에피택셜 막두께에 의존하고 있으며((100)웨이퍼인 경우, SF길이는 에피택셜 막두께의 약 1.4배), 에피택셜 막두께가 다른 경우는 A 및 B 및 A/B의 값도 달라질 가능성은 있다.

종래의 방법에서는 에피택셜 웨이퍼인 경우는, 레이저표면 검사장치에 의하여 검출된 부착이물 및 에피결합의 모두를 포함시킨 한 개의 수광계에 있어서의 사이즈마다의 LPD수를, 또 경면 연마 웨이퍼인 경우는 레이저표면 검사장치에 의하여 검출된 부착이물 및 Grown-in결합을 포함시킨 한 개의 수광계에 있어서의 사이즈마다의 LPD수를 구할 수는 있어도, 상기 표 1 혹은 상기 표 2에 나타낸 바와 같이, 결합 등의 종류별로 나누어 검출할 수는 없었다.

또, 레이저표면 검사장치의 1수광계만을 사용하여 측정되는 결합사이즈는 표준입자 환산사이즈이고, 이 표준입자 환산사이즈는 결합 등의 형상에 의하여 실제 사이즈와는 크게 다른 것이며, 결합사이즈에 근거하는 결합 등의 종류판별은 신뢰성의 점에서 문제를 남겼다. 또, 검사원에 의한 목시판별방법에서는, 그 판별능력이 검사원의 능력에 크게 의존하고 있어서, 불안정하고 또한 금후의 웨이퍼에 대한 검사요구항목의 고도화에 대응하는 것은 곤란하고, 더 나아가서는 웨이퍼의 대구경화에 수반하여, 결합 등을 놓쳐 베릴 확률이 커지는 것과 같은 과제를 안고 있다. 또, 검사원에 의한 목시판별방법에서는, 우선 그 검사원의 능력을 평가하여 두지 않으면 안되고, 공정수 및 코스트의 증대를 초래하였다.

실시형태에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법에서는, 레이저표면 검사장치를 사용하여 검출된 LPD의 좌표데이터를 바탕으로, 고각도 수광계에서만 검출된 LPD, 저각도 수광계에서만 검출된 LPD, (고각도 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈/저각도 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈) 값이 다른 LPD를 선출하고, 그 실제 형상을 AFM을 사용하여 실제로 관찰한 결과를 바탕으로, 상기 LPD를 분류정리하여 상기 표 1 및 표 2를 작성하고, 일단 상기 표 1 혹은 표 2를

작성하여 두면, 나중에는 상기 표 1 혹은 표 2에 나타낸 분류에 따라, 레이저표면 검사장치를 사용하여, 저각도 수광계와 고각도 수광계의 광학계 각각에서 검출된 표준입자 환산사이즈의 정리를 수행하면, 간단하고 또한 정확하게 부착이 물 및 결함 등 혹은 표면흠집 등의 종류마다 분류할 수 있다.

또, 이 판별은 검사원에 의한 것이 아니기 때문에, 검사의 자동화가 가능하며, 검사원의 능력에 의존하지도 않아서 안정적으로 실시할 수 있다. 또한, 금후의 웨이퍼 검사요구항목의 고도화, 웨이퍼의 대구경화에도 용이하게 대응할 수 있고, 또 검사원을 사전에 평가하여 둘 필요도 없어서 검사공정수 및 코스트의 대폭 저감을 꾀할 수 있다.

또한, 상기 실시형태에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법에서는, 레이저표면 검사장치로서 1입사 2수광계의 레이저표면 검사장치를 사용한 경우에 대하여 설명하였지만, 레이저표면 검사장치로서는 조금도 1입사 2수광계의 레이저표면 검사장치에 한정되는 것은 아니고, 별도의 실시형태에서는, 2입사 2수광계의 레이저표면 검사장치 및, 1입사 3수광계의 레이저표면 검사장치를 사용하여도 지장은 없다.

레이저표면 검사장치의 수광계로서 적어도 입사광에 대하여 수광각도가 다른 두 개의 수광계를 구비하면, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법의 실시는 가능하며, 레이저표면 검사장치로서 1입사 2수광계의 레이저표면 검사장치를 사용함으로써 검사코스트를 낮게 억제할 수 있다.

또, 실시형태에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법에 의하면, 양호한 정밀도로 웨이퍼표면에 존재하는 결함 등의 종류를 판별할 수 있기 때문에, 단결정으로부터 잘려 나온 경면연마 반도체 웨이퍼의 표면흠집의 검출뿐만 아니라, 결함 등의 종류가 많고, 또한 결함수가 적은 에피택셜 반도체 웨이퍼에도 적용할 수 있어, 결함 등의 종류가 많은 에피택셜 반도체 웨이퍼 및 경면연마 웨이퍼의 품질평가를 정확하게 수행할 수 있다.

실시예 및 비교예

이하, 본 발명에 관련되는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법의 실시예를 설명한다.

실시예 1

사용한 레이저표면 검사장치 : SP-1(TENCOR사 제작)

1입사 2수광계

사용샘플 : 200mm 에피택셜 실리콘 웨이퍼

웨이퍼 결정면(100)

에피택셜 막두께 $6\mu\text{m}$

샘플인 에피택셜 실리콘 웨이퍼를, 상기 레이저표면 검사장치를 사용하여 LPD의 검출을 수행하였다.

두 개의 각 광학계에서 얻어진 LPD의 좌표, 표준입자 환산사이즈 데이터를 정리하여, 표 1 및 도 1에 나타낸 분류에 근거하여 LPD의 실제 형상을 추정 처리하였다. 이들 데이터처리 결과의 일부를 하기 표 3에 나타낸다.

[표 3]

레이저표면 검사장치에 의한 검출결과			AFM	판정
저각도 수광계(nm)	고각도 수광계(nm)	추정		
검출한계이하	115	미소고저결함	길이 $10\mu\text{m}$ · 높이 3nm (도 2)	○
검출한계이하	160	미소고저결함	직경 $1\mu\text{m} \times$ 높이 20nm (도 3)	○
95	127	SF	SF(도 4)	○
108	136	SF	SF(도 5)	○
106	136	SF	SF	○
107	135	SF	SF	○
107	134	SF	SF	○
149	150	부착입자	부착입자(도 6)	○
104	111	부착입자	부착입자	○
90	118	SF	SF	○
검출한계이상	검출한계이상	마운드	마운드 · 이상성장(도 7)	○

다음으로, 얻어진 LPD의 좌표데이터를 바탕으로, 레이저표면 검사장치를 사용하여 검출된 이들 LPD의 실제 형상을 실제로 AFM을 사용하여 확인하고, 표 1 및 도 1에 근거하는 분류의 양부(良否)를 판정하였다. 이 결과도 함께 상기 표 3에 나타내었다.

또, 도 2 내지 도 9에는 AFM을 사용하여 확인된 LPD의 실제 형상인 현미경사진의 대표예를 나타내었다. 표 3에는, 도 2 내지 도 7에 나타낸 LPD가 어느 예에 해당하는지를 알 수 있도록 AFM의 란에 도면번호를 함께 기재하였다. 또, 도 8에 나타낸 LPD는, 표 1의 구분에서는 ($B > 160\text{nm}$ and $A < 110\text{nm}$)으로 분류되는 것의 일예를 나타내고 있으며, 도 9에 나타낸 LPD는, 표 1의 구분에서는 (상기 이외)로 분류되는 것의 일예를 나타내고 있다.

실시예에 관련되는 방법에 의하면 레이저표면 검사장치를 사용한 간편한 방법에 의하여 LPD를 적어도 90% 이상의 확률로 정확하게 형상분류할 수 있었다.

비교예 1

사용한 레이저표면 검사장치 : SFS6220(TENCOR사 제작)

1입사 1수광계

사용샘플 : 200mm 에피택셜 실리콘 웨이퍼

웨이퍼 결정면(100)

에피택셜 막두께 $2.1\mu\text{m}$

샘플인 에피택셜 실리콘 웨이퍼를, 상기 레이저표면 검사장치를 사용하여 LPD의 검출을 수행하였다.

비교예로서는 레이저표면 검사장치를 사용한 표준입자 환산 LPD 사이즈에 근거하는 분류, 및 암실에서 고휘도 스포트 라이트광을 조사하고, 목시에 의하여 산란체를 검출하는 방법에 의한 분류를 수행하여, 이들 검출된 LPD의 실제 형상을 AFM을 사용하여 확인하여, 분류의 양부를 판정하였다. 결론을 하기의 표 4에 나타내었다.

[표 4]

레이저표면 검사장치	목시	AFM
0.1 μ m > 10개	0개	SF(1번 3 μ m인 정방형, L형, 그형, -형) 10개
0.1~0.3 μ m 5개	3개 SF	SF(1번 3 μ m인 정방형) 2개 직경 3.0 μ m × 0.2 μ m인 Pit 1개이상 결정성장 1개, 부착파티클 1개
0.3 μ m < 3개	3개 이물	비(非)에피충 기인 이물 2개, 마운드 1개

상기 표 4에 나타낸 결과로부터 분명한 바와 같이, 목시에 의한 분류에서는, 전제가 되는 LPD의 검출률이 30%(6개/18개)밖에 되지 않고, 분류 이전에 문제가 있다는 것이 분명하게 되었다. 또, 검출된 것 중의 50% 정도밖에 올바르게 판별이 수행되지 않았다. 이와 같이, 검사원에 의한 목시판별에서는, 그 판별이 불안정, 또한 금후의 웨이퍼에 대한 검사요구항목의 고도화에 대응하는 것은 곤란하며, 더 나아가서는 웨이퍼의 대구경화에 수반하여, 결함 등을 놓쳐 버릴 확률이 커지는 것과 같은 것이 확인되는 결과가 되었다.

실시예 2

사용한 레이저표면 검사장치 : SP-1(TENCOR사 제작)

1입사 1수광계

사용샘플 : 200mm 경마연마 CZ-실리콘 웨이퍼

웨이퍼 결정면(100)

샘플인 경마연마 CZ-실리콘 웨이퍼를, 상기 레이저표면 검사장치를 사용하여 LPD의 검출을 수행하였다.

두 개의 각 광학계에서 얻어진 LPD의 좌표, 표준입자 환산사이즈 데이터를 정리하여, 표 2에 나타낸 분류에 근거하여 LPD의 실제 형상을 추정 처리하였다. 이들 데이터처리 결과의 일부를 하기 표 5에 나타낸다.

[표 5]

레이저표면 검사장치에 의한 검출결과			AFM	판정
저각도 수광계(mm)	고각도 수광계(mm)	추정		
검출한계이하	112	Scratch or s-pit	Scratch길이3 μ m(도 10)	○
검출한계이하	115	Scratch or s-pit	Scratch	○
98	142	Scratch or s-pit	s-pit(도 11)	○
110	149	Scratch or s-pit	s-pit	○
86	132	Scratch or s-pit	Scratch	○
91	검출한계이하	Bulk 중Grown-in결함	요철형상 관찰 무(無)	○
88	검출한계이하	Bulk 중Grown-in결함	요철형상 관찰 무(無)	○
132	133	부착입자	부착입자	○
104	109	부착입자	부착입자	○

다음으로, 얻어진 LPD의 좌표데이터를 바탕으로, 레이저표면 검사장치를 사용하여 검출된 이들 LPD의 실제 형상을 실제로 AFM을 사용하여 확인하고, 표 2에 근거하는 분류의 양부를 판정하였다. 이 결과도 함께 상기 표 5에 나타내었다.

또, 도 10 및 도 11에는 AFM을 사용하여 확인된 LPD의 실제 형상인 현미경사진의 대표예를 나타내고 있다. 표 5에는, 도 10 및 도 11에 나타낸 LPD가 어느 예에 해당하는지를 알 수 있도록 AFM의 란에 도면번호를 함께 기재하였다. 실시예에 관련되는 방법에 의하면 레이저표면 검사장치를 사용한 간편한 방법에 의하여 LPD를 적어도 90% 이상의 확률로 정확하게 형상 분류할 수 있었다.

산업상 이용 가능성

산화막 내압 등, 반도체 웨이퍼를 사용하여 제작되는 LSI 등의 전기적 특성에 영향을 주는 반도체 웨이퍼표면 및 표면 근방에 존재하는 결함 및 부착파티클 등을 종류별로 판별·검출하여 반도체 웨이퍼의 품질을 평가하는데 이용할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여 주사시키고, 상기 웨이퍼표면으로부터 반사 혹은 산란한 광을, 입사광에 대한 수광각도가 다른 복수의 수광계(受光系)에서 수광하고, 이들 복수의 수광계에 있어서의 수광강도비율에 근거하여 웨이퍼표면에 존재하는 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

청구항 2.

웨이퍼표면에 레이저광선을 조사하여 주사시키고, 상기 웨이퍼표면으로부터 반사 혹은 산란한 광을, 입사광에 대한 수광각도가 다른 복수의 수광계에서 수광하고, 이들 복수의 수광계에 있어서의 수광강도비율에 근거하는 표준입자 환산사이즈의 차이에 의하여, 웨이퍼표면에 존재하는 레이저광 산란체의 수평방향길이와 수직방향높이, 혹은 수평방향길이와 그에 직교하는 수평방향길이와의 차이를 산출하여, 웨이퍼표면에 존재하는 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 레이저표면 검사장치로서 적어도 1입사 2수광계를 구비한 레이저표면 검사장치를 사용하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

청구항 4.

제 1 항 내지 제 3 항의 어느 한 항에 있어서, 상기 반도체 웨이퍼가 에피택셜 반도체 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

청구항 5.

제 1 항 내지 제 4 항의 어느 한 항에 있어서, A를 고(高)각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저(低)각도 수광계에서 검출된 LPD의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 한 경우, A, B 및 A/B로 주어지는 수치의 조합에 의하여, 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

청구항 6.

제 1 항 내지 제 4 항의 어느 한 항에 있어서, A를 고각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 표준입자 환산사이즈로 한 경우, 하기 표에 근거하여 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

A, B의 관계, 범위	실제 형상
$A \geq B \times 1.13$	적층결함(Stacking Fault)
$A < B \times 1.13$	비(非)에피층 기인이물(부착입자)
$B < 90\text{nm}$ and $A > 107\text{nm}$	미소고저결함(hillock, shadow)
$B > 160\text{nm}$ and $A < 107\text{nm}$	이상성장(대pit, 들기)
상기 이외	이상 생성물

청구항 7.

제 1 항 내지 제 3 항의 어느 한 항에 있어서, 상기 반도체 웨이퍼가 경면가공(鏡面加工)된 반도체 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, A를 고각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 수광강도 혹은 표준입자 환산사이즈로 한 경우, A, B 및 A/B로 주어지는 수치의 조합에 의하여, 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

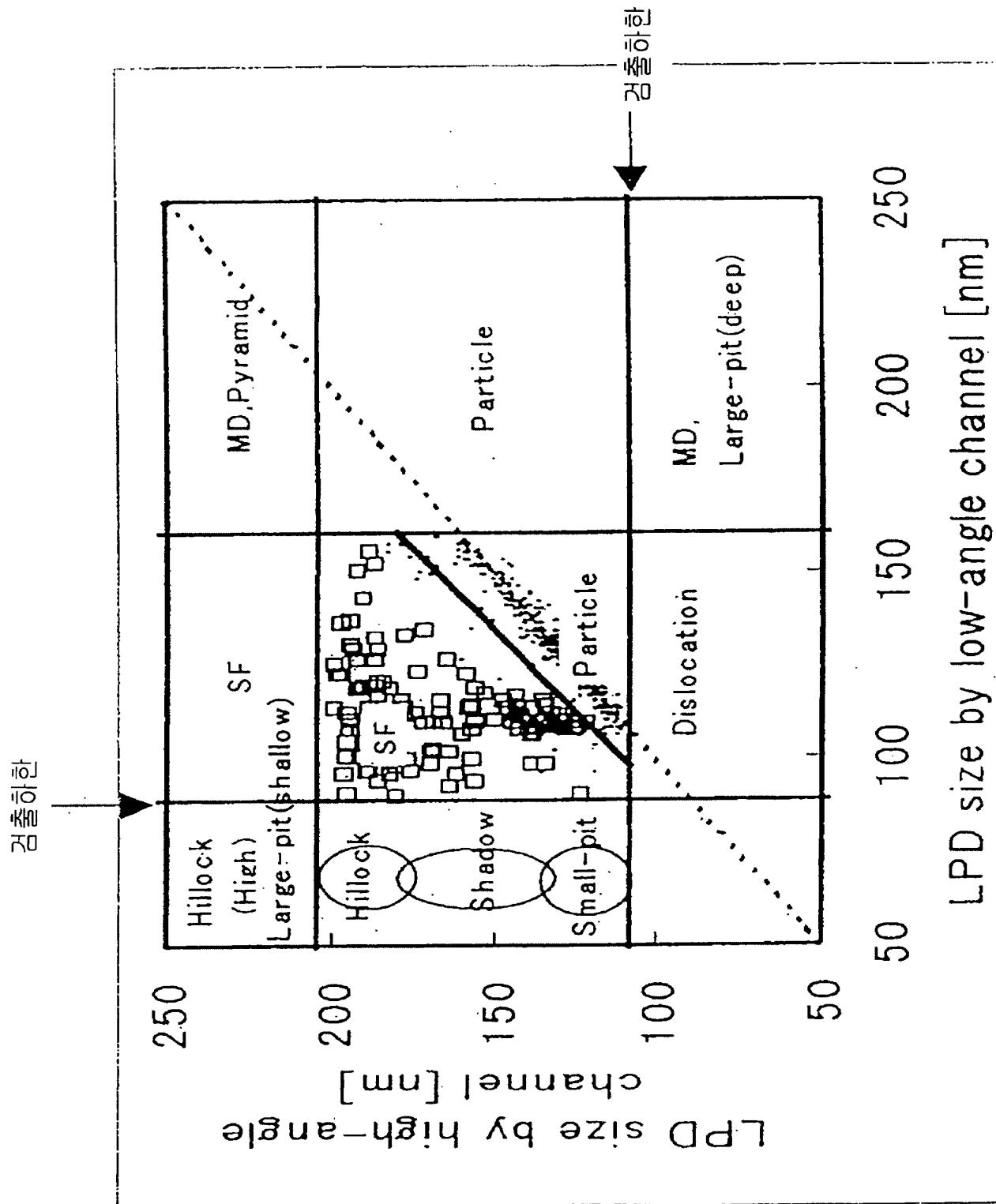
청구항 9.

제 1 항 내지 제 3 항 또는 제 7 항의 어느 한 항에 있어서, A를 고각도 수광계에서 검출된 LPD(Light Point Defect)의 표준입자 환산사이즈로 하고, B를 저각도 수광계에서 검출된 LPD의 표준입자 환산사이즈로 한 경우, 하기 표에 근거하여 결함 등의 형태 및 종류를 판별하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼표면의 검사방법.

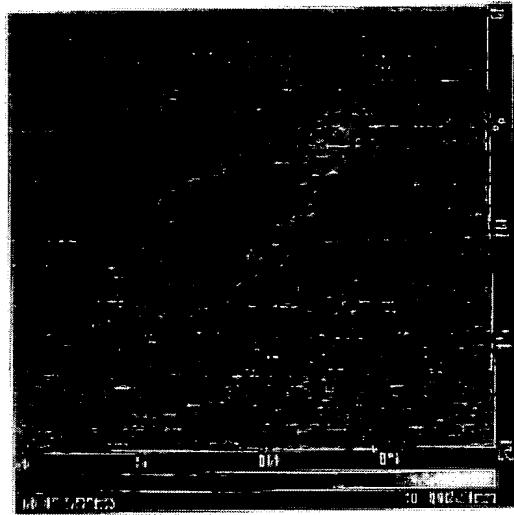
A, B의 관계, 범위	실제 형상
$A \geq B \times 1.13$ 또는 $B < 90\text{nm}$ and $A > 107\text{nm}$	스크래치, 흠집, 샐로우피트
$A < B \times 1.13$	부착입자 혹은 COP
$B \geq 85\text{nm}$ and $A < 107\text{nm}$	표면근방 Bulk 중 Grown-in 결함

도면

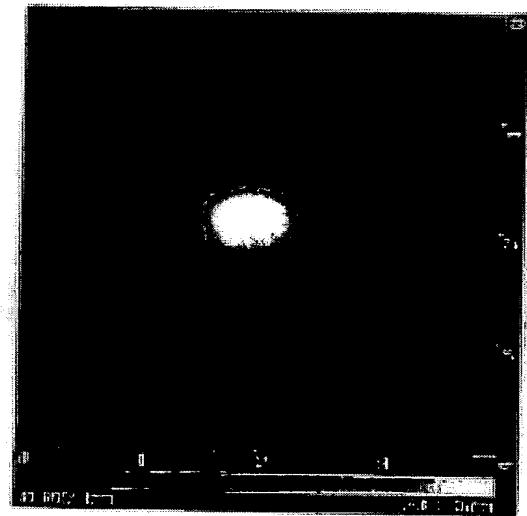
도면 1



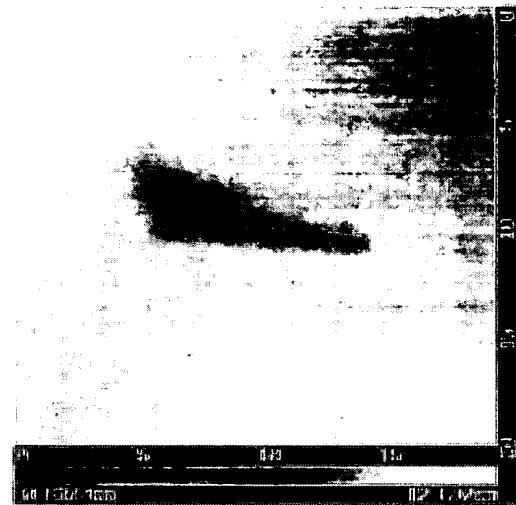
도면 2



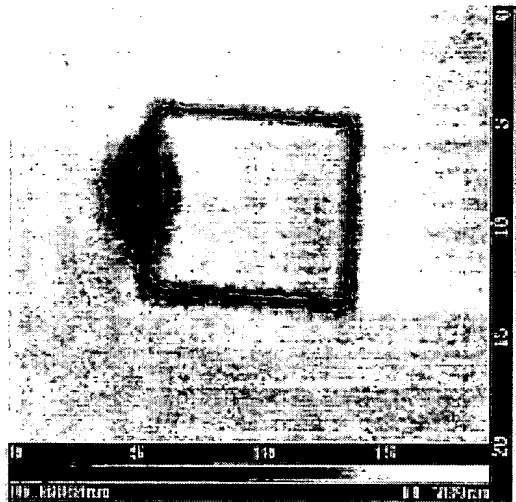
도면 3



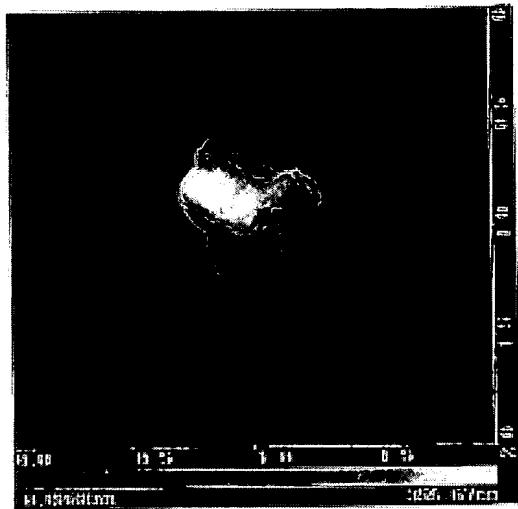
도면 4



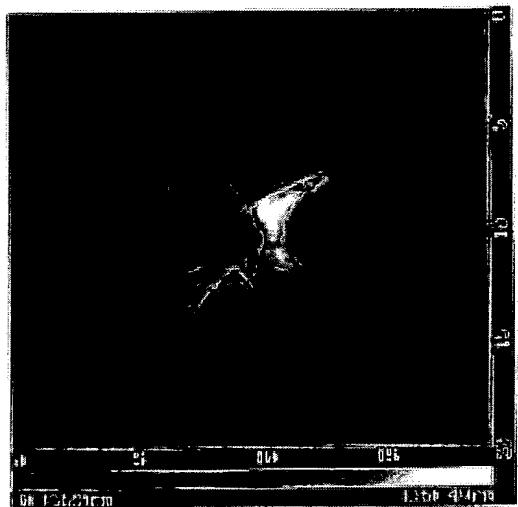
도면 5



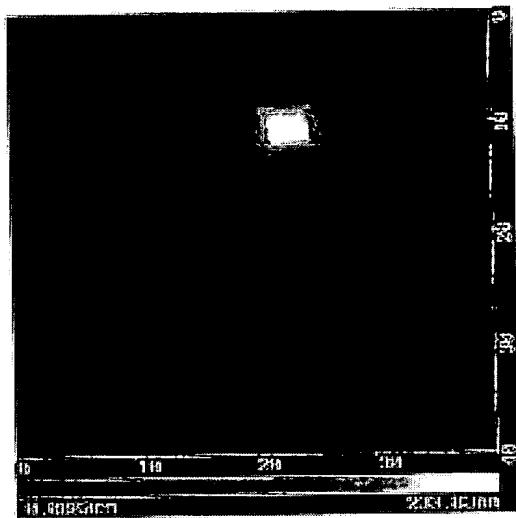
도면 6



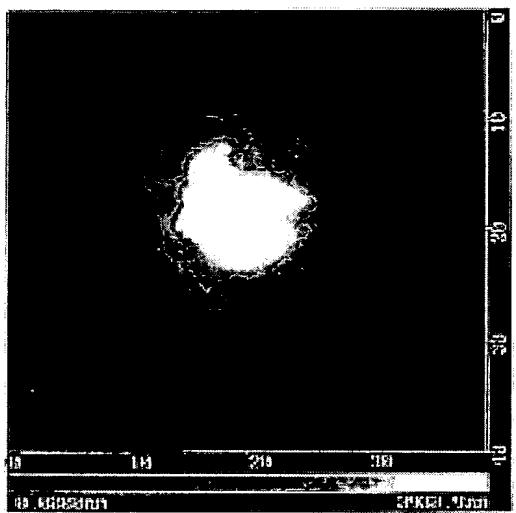
도면 7



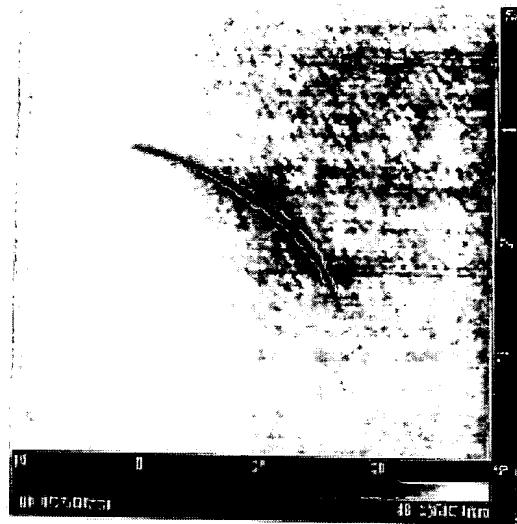
도면 8



도면 9



도면 10



도면 11

